

Technical Paper

Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra untuk Menghindari Rintangan pada Traktor Tanpa Awak

Development of Image Processing Algorithms for Obstacle Avoidance on Unmanned Tractor

Usman Ahmad¹, Desrial², I Dewa Made Subrata³, Sjahrul Annas⁴

Abstract

Unmanned tractors, even though it uses global positioning system (GPS) technology to identify the working path, still require an ability to recognize the environment in front of it in order to avoid obstacles that may exist. A device that can be used to recognize the environment in front of the tractor and avoid obstacles that may exist, is the camera. However, images captured by the camera need to be processed to detect possible obstacles at the front of the tractor. This study aimed to develop image processing algorithms to detect the possible presence of obstacles on the path to be traversed by an unmanned tractor, and directed the tractor to a safe path by giving the new coordinates when there are obstacles in front of it. Several image processing techniques such as edge detection, opening and closing, marking free area, and the determination of the coordinates were used for the purpose of directing the path in front of the tractor when there are obstacles that must be avoided.

Keywords: *image processing, obstacles, unmanned tractor, algorithms*

Diterima: 19 April 2010; Disetujui: 18 Oktober 2010

Pendahuluan

Penelitian mengenai aplikasi sistem navigasi otomatis pada traktor pertanian merupakan salah satu topik yang banyak diminati pada dua dekade terakhir, terutama di negara-negara maju dalam upaya menerapkan pertanian presisi (*precision farming*). Selain itu, keterbatasan tenaga kerja dan sumberdaya lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan tersendiri bagi kebutuhan navigasi otomatis pada traktor pertanian. Tujuan penggunaan sistem navigasi otomatis pada traktor pertanian antara lain untuk mengatasi menurunnya kinerja traktor karena faktor kelelahan dari operator, dan untuk meningkatkan ketelitian dan produktifitas pengoperasian traktor dalam kegiatan budidaya pertanian. Sebagai negara berkembang yang bertumpu pada sektor pertanian dan sebagai langkahantisipasi bagi kemungkinan perubahan iklim di masa mendatang, perlu dilakukan penelitian yang berkaitan dengan pertanian presisi di Indonesia, oleh peneliti Indonesia sendiri, di mana otomasi penggunaan traktor dan mesin-mesin pertanian lainnya diperlukan. Hal ini mengingat kondisi pertanian di Indonesia, baik yang berkaitan dengan

alam maupun ekonomi dan sosial budaya, tidak selalu sama dengan kondisi pertanian di negara lain, di mana penelitian yang sama dioptimalkan untuk kondisi pertanian setempat.

Otomasi penggunaan traktor pertanian di masa mendatang merupakan sesuatu yang perlu mendapat perhatian sejak saat ini. Namun demikian, otomasi traktor pertanian harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain multifungsi dalam pemakaian di lapangan, serta mudah dalam pengoperasian dan perawatan dengan biaya terjangkau (Soetiarso et al., 2001). Hal ini memang sangat penting untuk dipertimbangkan mengingat kondisi ekonomi pertanian di Indonesia masih tertinggal dibanding dengan negara-negara maju. Sebagai contoh, tingkat kepemilikan lahan petani padi di Jepang cukup luas dengan tingkat ekonomi yang sudah cukup tinggi. Kondisi ini memungkinkan mereka mampu membeli *combine harvester* meskipun panen padi di Jepang hanya satu kali dalam setahun sehingga masa pengoperasian *combine harvester* hanya satu hingga dua bulan saja dalam setahun. Hal yang sama sulit terjadi di Indonesia karena banyak kendala yang menyangkut faktor ekonomi dan sosial budaya.

¹ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: usmanahmad@ipb.ac.id

² Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: desrial@ipb.ac.id

³ Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: dewamadesubrata@yahoo.com

⁴ Mahasiswa Pascasarjana Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor

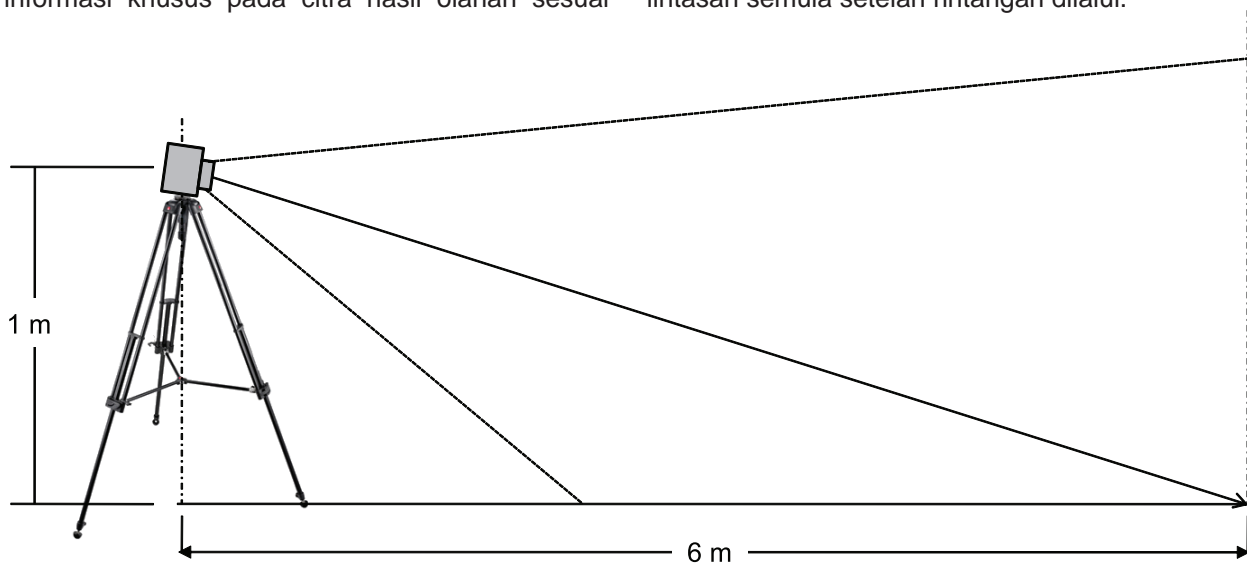
Otomasi traktor dalam pengoperasian di lahan menuntut penerapan teknologi sensor agar traktor dapat beroperasi dengan aman, efisien, dan sesuai dengan tujuan pengoperasiannya, walaupun tanpa operator yang mengoperasikannya. Untuk itu traktor harus memiliki kemampuan mengenali lingkungan kerjanya di lahan, yang mungkin saja terdapat berbagai bentuk rintangan di dalamnya. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengenali lingkungan kerja di lahan adalah penggunaan kamera CCD, yang dikombinasikan dengan pengembangan perangkat lunak pengolahan citra (*image processing*). Berbagai jenis kamera CCD sudah tersedia dengan berbagai spesifikasi dan jenis hubungan antarmuka dengan komputer (*interfacing*) seperti USB, *firewire*, dan lain sebagainya sehingga dapat langsung dihubungkan dengan komputer. Resolusinya pun berkembang terus dan kini sudah mencapai megapiksel, yang berarti dapat meningkatkan ketelitian pada hasil pengolahan citranya. Kamera CCD dapat berfungsi sebagai mata yang menangkap pemandangan di depan traktor, sedangkan perangkat lunak pengolahan citra berfungsi sebagai otak yang mengolah informasi citra dari kamera sehingga dapat mengenali lingkungan sekitar secara visual untuk memastikan bahwa lintasan yang akan dilalui bebas dari rintangan yang dapat mengganggu kerja traktor tanpa awak. Kamera CCD akan menangkap citra yang direkam di depan traktor tanpa awak secara simultan dan mengirimkannya ke unit pemroses citra (*image processing unit*) untuk memastikan kondisi lingkungan yang akan dilalui bebas dari rintangan. Bila ditemukan rintangan, maka unit pemroses citra akan mengirimkan peringatan kepada sistem pengendali sehingga traktor dapat menghindari rintangan, kemudian kembali ke jalur semula.

Pengertian pengolahan citra dipergunakan bila hasil olahan data yang berupa citra, adalah bentuk citra yang lain yang mengandung atau memperkuat informasi khusus pada citra hasil olahan sesuai

dengan tujuannya (Ahmad, 2005). Bila teknik pengolahan citra ini diintegrasikan dalam satu unit alat di mana informasi yang didapat dari citra akan digunakan untuk menggerakkan bagian lain dari alat tersebut, maka disebut mesin visual (*machine vision*). Lebih mudahnya adalah hasil keluaran dari pengolahan citra adalah sama jenisnya yaitu citra, sedangkan hasil keluaran dari mesin visual adalah bukan citra, tetapi dapat merupakan aksi atau tindakan yang perlu diambil sebagai respon dari keadaan yang dianalisis (Jain et al. 1995).

Penelitian ini merupakan bagian dari topik penelitian pengembangan traktor pintar (*smart tractor*) yang dilengkapi dengan sistem pengarah otomatis (*automatic guidance system*). Traktor tanpa awak yang akan dikembangkan di sini, meskipun sudah menggunakan teknologi GPS untuk mengenali lintasan kerjanya, masih memerlukan kemampuan untuk mengenali lingkungan di depannya agar dapat menghindari rintangan yang mungkin ada. Perangkat yang akan digunakan untuk mengenali lingkungan di depan traktor dan menghindari rintangan yang mungkin ada adalah kamera CCD. Pilihan terhadap kamera CCD ini karena harganya semakin murah sedangkan kemampuannya semakin meningkat karena perangkat ini semakin populer di masyarakat. Namun demikian citra yang ditangkap oleh kamera perlu mengalami beberapa pengolahan dan diterjemahkan menjadi informasi tertentu sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi kemungkinan adanya rintangan di depan traktor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan algoritma pengolahan citra untuk mendeteksi kemungkinan adanya rintangan pada lintasan yang akan dilalui traktor tanpa awak, dan mengarahkan traktor pada lintasan yang aman dengan cara memberikan koordinat yang baru bila di depannya terdapat rintangan. Traktor diharapkan dapat keluar dari lintasan awal untuk kemudian kembali lagi ke lintasan semula setelah rintangan dilalui.



Gambar 1. Ilustrasi pengambilan citra pemandangan di depan traktor

Metode Penelitian

Sebagai langkah awal, algoritma dikembangkan untuk mengolah data citra diam (*still image*), yang diambil pada lahan dengan beberapa rintangan buatan. Citra lingkungan yang akan dilintasi traktor direkam menggunakan kamera digital, dengan resolusi 640x480 piksel. Kamera digital dipasang pada ketinggian 1 meter dari atas tanah dan posisi kamera agak menunduk sehingga fokus kamera berada pada jarak sekitar 6 m di depan kamera (atau di depan traktor ketika dipasang pada traktor tanpa awak), seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Citra digital yang telah diperoleh kemudian disimpan dalam *hard-disk* untuk diolah kemudian. Pengembangan algoritma pengolahan citra untuk menghindari rintangan dilakukan melalui pembuatan program pengolah citra. Setiap algoritma yang dikembangkan dicoba dengan cara menganalisis citra yang sudah direkam, dan hasil analisisnya dikaji secara visual.

Dalam pengembangan algoritma pengolahan citra, beberapa teknik pengolahan citra digunakan secara berurutan. Teknik pengolahan citra yang digunakan antara lain penguatan dan deteksi tepi, *thresholding* untuk menghasilkan citra biner, *opening* dan *closing* terhadap citra biner yang dihasilkan untuk mempertajam fitur-fitur obyek yang ada, penghapusan noise, penandaan daerah bebas, dan penentuan koordinat tujuan. Koordinat tujuan yang didapat dari hasil perhitungan kemudian digunakan untuk mengarahkan lintasan traktor bila di depannya terdapat rintangan yang harus dihindari.

Langkah terpenting ketika sistem mendeteksi adanya rintangan adalah penentuan koordinat tujuan kemana traktor akan diarahkan dari posisi ketika citra direkam. Prinsip penentuan koordinat tujuan dilakukan dengan cara membagi bidang pandang menjadi dua bagian simetris, yaitu area kiri dan area kanan. Bila luas area kiri hampir sama dengan luas area kanan dengan besaran tertentu, maka dipastikan di depan tidak ada rintangan. Sedangkan bila salah satu area, kiri atau kanan, lebih kecil dari yang lainnya dengan perbedaan minimal 5%, maka dipastikan bahwa rintangan berada pada sisi area tersebut. Dengan demikian *centroid* dari area yang lainnya, yaitu area yang lebih besar ukurannya, akan dihitung dan koordinatnya ditentukan sebagai koordinat tujuan. Koordinat tujuan inilah yang akan digunakan sebagai acuan oleh traktor untuk menghindari rintangan untuk kemudian kembali lagi yang lintasan semula setelah rintangan dilewati, atau berbalik arah bila rintangan berada di tepi lingkungan kerja traktor. Sementara ini, koordinat tujuan ditentukan sesuai dengan resolusi citra yang digunakan yaitu 640x480 piksel, dengan titik origin terletak pada bagian paling kiri dan paling atas bidang citra (0,0). Ini berarti bila tidak ada rintangan, maka traktor akan diarahkan bergerak lurus atau menuju koordinat (320, y) dengan nilai

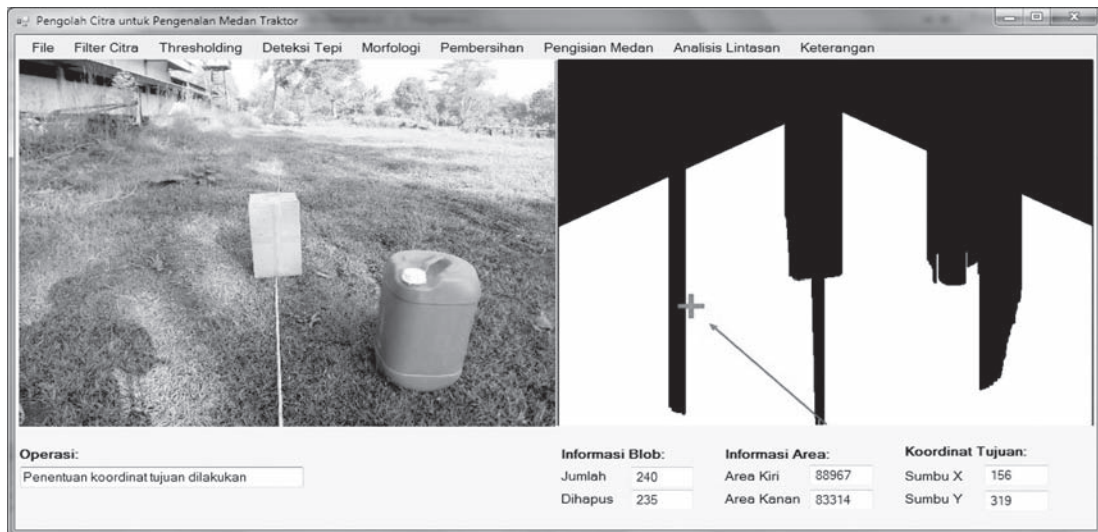
$y < 480$ dan bernilai positif. Bila terdapat rintangan di sebelah kanan bidang pandang, maka traktor akan diarahkan untuk bergerak ke kiri dengan koordinat tujuan (x,y) di mana $x < 320$, $y < 480$ dan keduanya bernilai positif. Sebaliknya, bila terdapat rintangan di sebelah kiri bidang pandang, maka traktor akan diarahkan untuk bergerak ke kanan dengan koordinat tujuan (x,y) di mana $x > 320$, $y < 480$ dan keduanya bernilai positif.

Berdasarkan logika berfikir seperti diuraikan di depan, maka dikembangkan suatu algoritma pengolahan citra dengan menggabungkan beberapa operasi yang telah disebutkan, sehingga diperoleh informasi yang diinginkan, yaitu koordinat tujuan untuk mengarahkan traktor. Namun demikian, algoritma pengolahan citra yang dikembangkan dalam penelitian ini baru sebatas mengidentifikasi kemungkinan operasi-operasi yang akan dikenakan terhadap citra, belum sampai pada efektifitas dan feasibilitas operasi bila dikaitkan dengan waktu operasi secara keseluruhan. Dengan demikian, optimasi dalam pemilihan operasi-operasi yang akan digunakan masih harus dilakukan untuk memperoleh algoritma pengolahan citra yang dapat diaplikasikan pada traktor pintar.

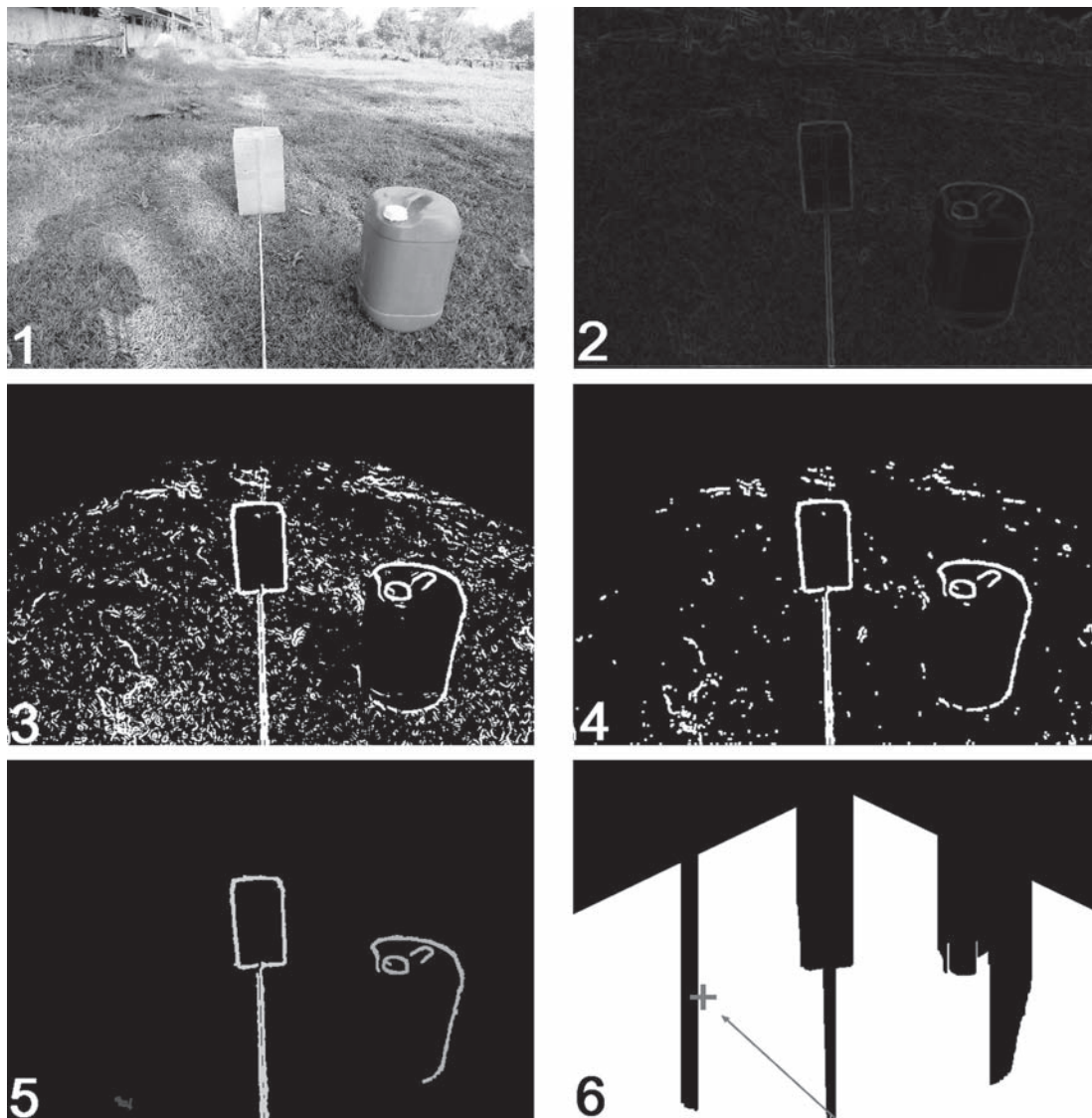
Algoritma pengolahan citra yang dikembangkan dan ditulis ke dalam suatu program pengolah citra kemudian dicoba untuk menganalisis citra yang telah direkam sebelumnya. Beberapa operasi dicoba secara berurutan seperti penguatan dan deteksi tepi menggunakan metoda Sobel dan Prewitt, *thresholding* untuk memperoleh citra biner, *opening* untuk menghapus *noise* halus pada citra biner, *closing* untuk memperbaiki kekompakan tepi obyek, penghapusan *blob-blob* kecil, dan seterusnya untuk mendapatkan metoda yang paling sederhana dalam melacak adanya rintangan dan menentukan koordinat tujuan untuk menghindari rintangan.

Hasil dan Pembahasan

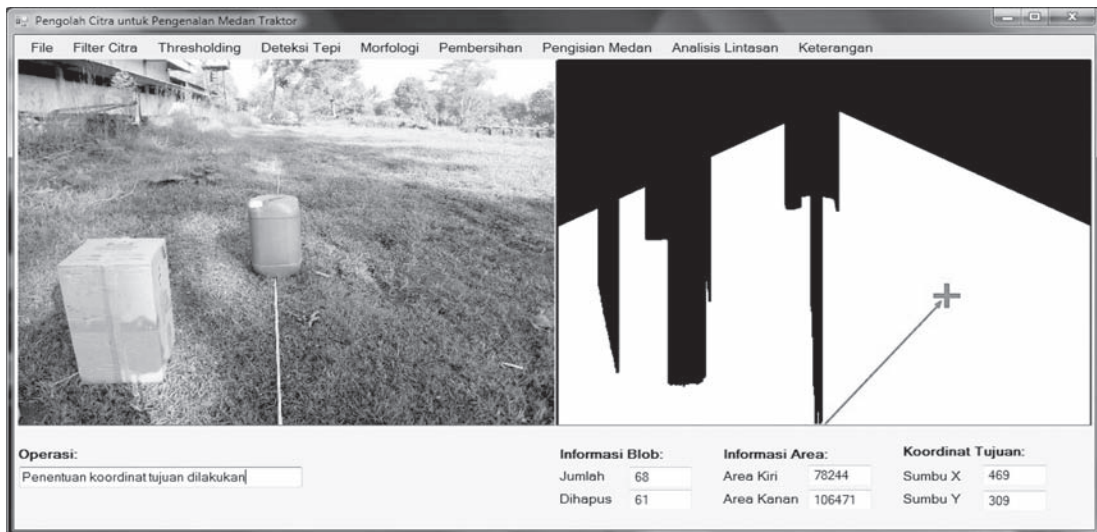
Hasil pengolahan citra menunjukkan bahwa urutan operasi deteksi tepi menggunakan metoda Prewitt, *thresholding*, *opening*, penghapusan *blob-blob* kecil, dilanjutkan dengan pengisian bidang pandang dari bawah dapat menghasilkan citra yang berbeda untuk pemandangan dengan rintangan dan pemandangan tanpa rintangan, yang dapat digunakan sebagai paramater penentuan kemungkinan adanya rintangan. Perbedaan citra hasil operasi untuk pemandangan dengan rintangan dan pemandangan tanpa rintangan terletak pada luas area yang tidak terisi bila terdapat rintangan, sedangkan area yang bebas dari rintangan terisi hampir penuh, kecuali bila terdapat noise yang tidak dapat terhapus oleh operasi-operasi sebelumnya. Untuk menguji algoritma yang dikembangkan, tiga buah citra dengan situasi berbeda diolah



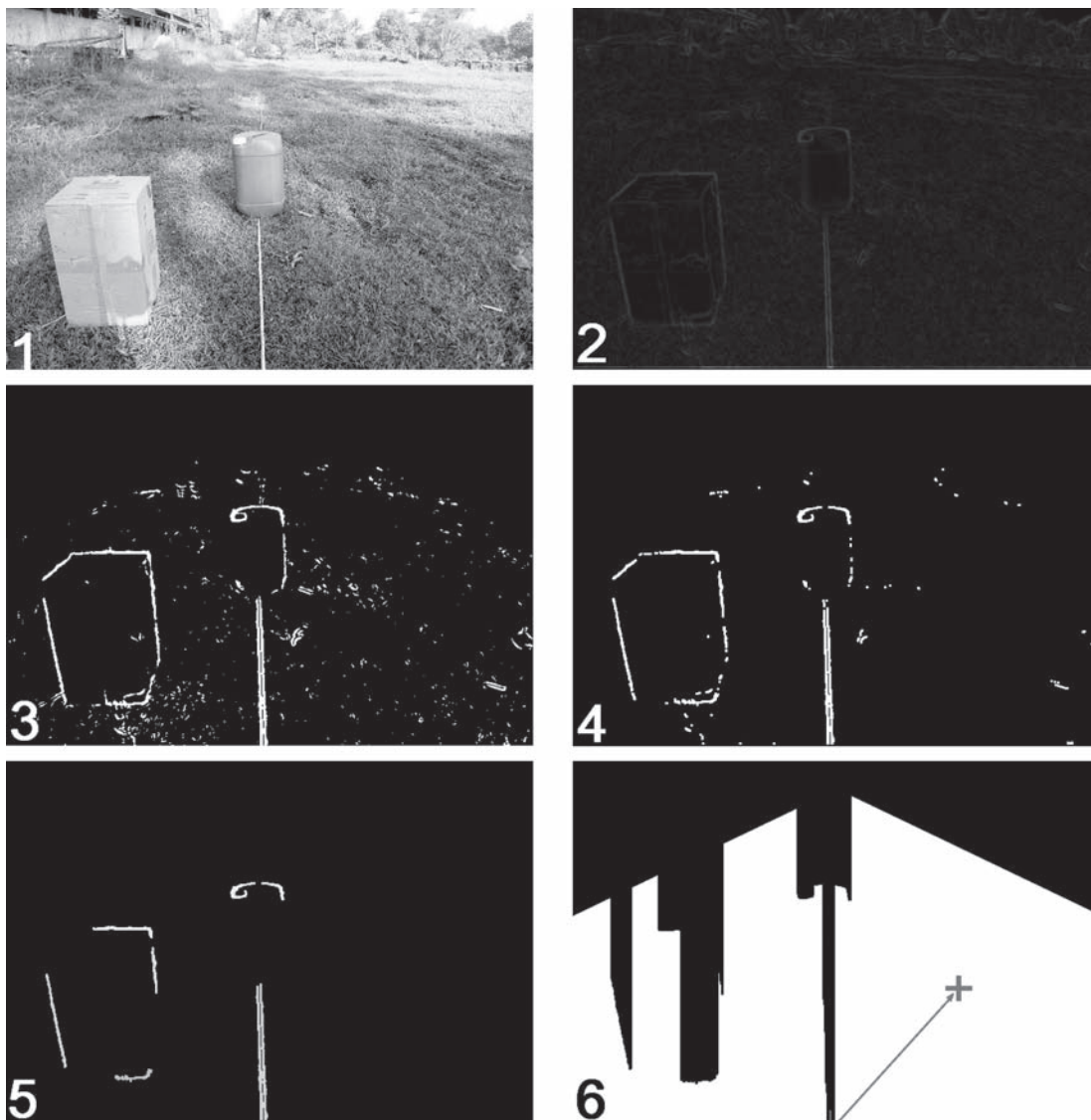
Gambar 2. Pemandangan di depan traktor dengan rintangan di depan dan di sebelah kanan dan hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk berbelok ke kiri



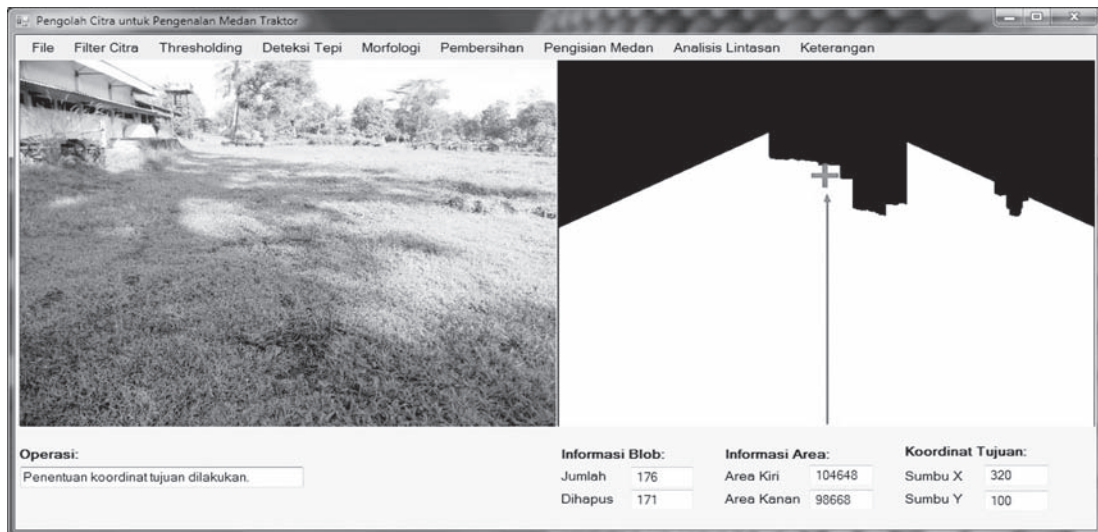
Gambar 3. Urutan operasi yang dikenakan untuk menghindari rintangan dan menentukan koordinat baru; 1) citra hasil rekaman kamera, 2) setelah operasi penguatan tepi, 3) setelah operasi thresholding, 4) setelah operasi opening, 5) setelah operasi penghapusan blob-blob kecil, dan 6) setelah operasi pengisian dan perhitungan koordinat tujuan



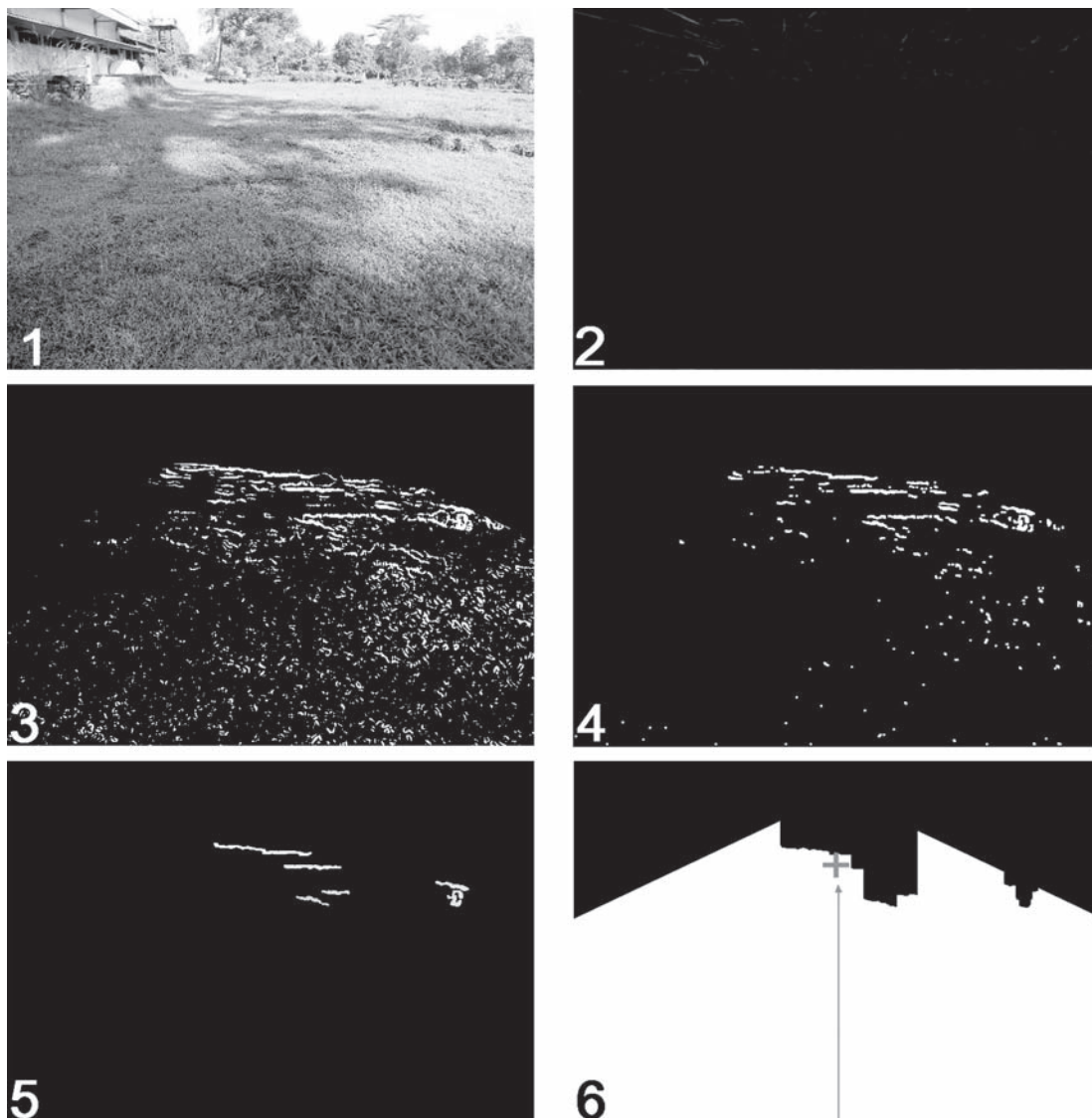
Gambar 4. Pemandangan di depan traktor dengan rintangan di depan dan di sebelah kiri dan hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk berbelok ke kanan



Gambar 5. Urutan operasi yang dikenakan untuk menghindari rintangan dan menentukan koordinat baru; 1) citra hasil rekaman kamera, 2) setelah operasi penguatan tepi, 3) setelah operasi thresholding, 4) setelah operasi opening, 5) setelah operasi penghapusan blob-blob kecil, dan 6) setelah operasi pengisian dan perhitungan koordinat tujuan



Gambar 6. Pemandangan di depan traktor tanpa rintangan di depan dan hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk tetap bergerak lurus



Gambar 7. Urutan operasi yang dikenakan untuk menghindari rintangan dan menentukan koordinat baru; 1) citra hasil rekaman kamera, 2) setelah operasi penguatan tepi, 3) setelah operasi thresholding, 4) setelah operasi opening, 5) setelah operasi penghapusan blob-blob kecil, dan 6) setelah operasi pengisian dan perhitungan koordinat tujuan

sesuai dengan urutan pengolahan di atas, hingga menghasilkan suatu informasi koordinat tujuan ke mana traktor akan diarahkan. Tiga buah citra dengan kondisi berbeda ini diharapkan dapat mewakili berbagai posisi rintangan yang mungkin terdapat di depan traktor.

Untuk tiga contoh pemandangan yang telah direkam sebelumnya, sebagai contoh pertama yang diperlihatkan pada Gambar 2, adalah pemandangan di depan traktor dengan rintangan di depan dan di sebelah kanan beserta hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk berbelok ke kiri, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan urutan operasi yang dikenakan untuk menentukan koordinat baru berdasarkan hasil pengolahan citra tersebut, sesuai dengan urutan operasi yang dijelaskan pada metoda penelitian.

Contoh kedua, diperlihatkan pada Gambar 4, berupa pemandangan di depan traktor dengan rintangan di depan dan di sebelah kiri beserta hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk berbelok ke kanan, sedangkan Gambar 5 memperlihatkan urutan operasi yang dikenakan untuk menentukan koordinat baru tersebut, sesuai dengan urutan operasi yang dijelaskan pada metoda penelitian. Contoh ketiga, diperlihatkan pada Gambar 6, berupa pemandangan di depan traktor tanpa rintangan di depan, di sebelah kanan dan kiri traktor, beserta hasil penentuan koordinat baru yang mengarahkan traktor untuk tetap bergerak lurus karena tidak perlu menghindari suatu rintangan, sedangkan Gambar 7 memperlihatkan urutan operasi yang dikenakan untuk menentukan koordinat baru tersebut, sesuai dengan urutan operasi yang dijelaskan pada metoda penelitian.

Seperti terlihat pada ketiga citra contoh dan hasil pengolahannya, titik kritis dalam pengolahan citra adalah penguatan dan deteksi tepi, dan penghapusan noise. Bila kedua operasi tersebut dapat berjalan sesuai dengan tujuan, maka operasi selanjutnya akan berjalan dengan baik. Untuk memperoleh citra tepi yang jelas, rintangan juga harus terlihat jelas, dan mempunyai tampilan visual yang berbeda dengan latar belakang. Untuk penghapusan noise, keberhasilannya sangat dipengaruhi kondisi lahan. Lahan yang dilapisi rumput misalnya, kerapatan dan ukuran rumput akan mempengaruhi hasilnya. Demikian juga dengan adanya bayang-bayang ketika citra direkam pada hari yang terik, turut

mempengaruhi hasil penghapusan noise. Kondisi citra yang berbeda akan memerlukan penanganan yang berbeda untuk memperoleh hasil maksimal, sehingga penanganan yang sama kerap kali berhasil dengan untuk kondisi tertentu, tetapi tidak berhasil dengan untuk kondisi yang lainnya. Dalam ketiga citra contoh yang dikemukakan, penghapusan noise memang belum terlalu efektif, terlihat adanya noise yang tidak terhapus sehingga mempengaruhi luas area, tetapi secara keseluruhan koordinat tujuan yang baru dapat dihasilkan untuk menghindari rintangan yang ada.

Kesimpulan

Diperlukan beberapa operasi pengolahan pada citra pemandangan di depan traktor yang direkam oleh kamera untuk mendeteksi keberadaan rintangan di depan traktor. Urutan operasi deteksi tepi menggunakan metoda Prewitt, *thresholding*, *opening*, penghapusan *blob-blob* kecil, dilanjutkan dengan pengisian bidang pandang dari bawah dapat menghasilkan citra yang berbeda untuk pemandangan dengan rintangan dan pemandangan tanpa rintangan. Selanjutnya dari citra hasil pengolahan tersebut dapat ditentukan koordinat tujuan ke mana traktor akan diarahkan.

Algoritma masih perlu perbaikan terutama dalam deteksi tepi dan penghapusan noise. Kegagalan deteksi tepi dan penghapusan noise dapat menimbulkan kesalahan pada pengisian area yang mempengaruhi penentuan posisi rintangan dan koordinat tujuan untuk mengarahkan traktor.

Daftar Pustaka

- Ahmad, U. 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Jain R, Kasturi R, and Schunck BG. 1995. Machine Vision. New York: McGraw-Hill Book, Inc.
- Soetiarso L. 2001. Study on trajectory control for autonomous agricultural vehicle aiming approach to the target object – automatic fertilizer refilling operation (PhD thesis). Tsukuba University, Japan.